(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)公開番号
特開2024-163804
(P2024-163804A)
(43)公開日　令和6年11月22日(2024.11.22)

(51)国際特許分類		FI			テーマコード（参考）
H04Q 9/00 (2006.01)		H04Q	9/00	311L	5K048

審査請求　未請求　請求項の数　14　ＯＬ　（全19頁）

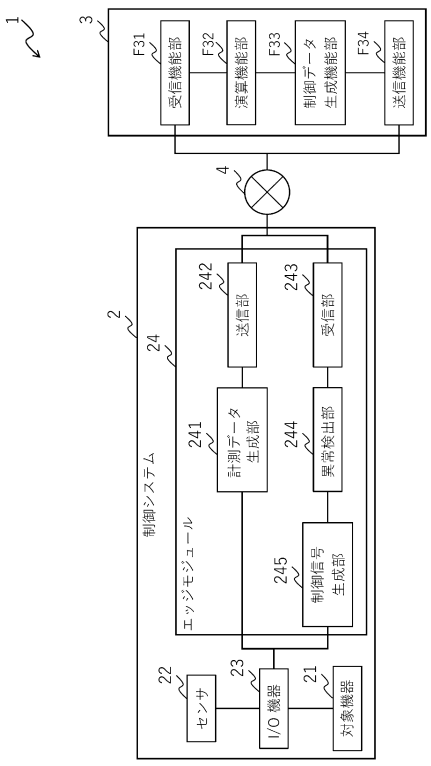
(21)出願番号　特願2023-79703(P2023-79703)
(22)出願日　令和5年5月12日(2023.5.12)

(71)出願人　000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目１番１号
(71)出願人　598076591
東芝インフラシステムズ株式会社
神奈川県川崎市幸区堀川町７２番地３４
(74)代理人　100120031
弁理士　宮嶋 学
(74)代理人　100107582
弁理士　関根 毅
(74)代理人　100118843
弁理士　赤岡 明
(74)代理人　100118876
弁理士　鈴木 順生
(72)発明者　萩原 剛

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　エッジモジュール、制御システム、遠隔制御システム、コントローラおよび通信方法

(57)【要約】
【課題】定周期処理を可能とするエッジモジュール、制御システム、遠隔制御システム、コントローラおよび通信方法を提供する。
【解決手段】本実施形態に係るエッジモジュールは、通し番号を含む第１データを生成するデータ生成部と、前記第１データに第１時刻を付与し、前記第１データをコントローラに送信する送信部と、前記第１データに基いて前記コントローラによって生成された、前記通し番号および前記第１時刻を含む第２データを受信し、前記第２データが受信された時刻である第２時刻を取得する受信部と、前記第２データに含まれる前記通し番号、および、前記第２データに含まれる前記第１時刻と前記第２時刻との間の差分の少なくとも一方に基いて、前記コントローラとの間の通信が正常に行われたか判定する異常検出部と、を備える。
【選択図】図２



【特許請求の範囲】
【請求項１】
通し番号を含む第１データを生成するデータ生成部と、
前記第１データに第１時刻を付与し、前記第１データをコントローラに送信する送信部と、
前記第１データに基いて前記コントローラによって生成された、前記通し番号および前記第１時刻を含む第２データを受信し、前記第２データが受信された時刻である第２時刻を取得する受信部と、
前記第２データに含まれる前記通し番号、および、前記第２データに含まれる前記第１時刻と前記第２時刻との間の差分の少なくとも一方に基いて、前記コントローラとの間の通信が正常に行われたか判定する異常検出部と、
を備えるエッジモジュール。
【請求項２】
前記異常検出部は、前記第２データに含まれる前記通し番号に欠落が生じた場合、および、前記第１時刻と前記第２時刻との間の差分が所定の遅延時間以上の場合の少なくとも一方を満たす場合、前記コントローラとの間の通信が正常に行われていないと判定する
請求項１に記載のエッジモジュール。
【請求項３】
前記異常検出部は、前記コントローラとの間の通信が正常に行われていないことを所定の回数判定すると、非常事態と判定する
請求項１に記載のエッジモジュール。
【請求項４】
前記送信部は、インターネットを介して前記コントローラに前記第１データを送信し、
前記受信部は、インターネットを介して前記コントローラから前記第２データを受信する
請求項１に記載のエッジモジュール。
【請求項５】
前記コントローラは、クラウド上に設けられたバーチャルマシンである
請求項４に記載のエッジモジュール。
【請求項６】
請求項１に記載のエッジモジュールと、
制御対象となる対象機器と、
前記対象機器の制御に関する値を計測する計測機器と、
を備え、
前記第１データは、前記計測機器によって計測されたデータであり、
前記第２データは、前記対象機器を制御するためのデータである
制御システム。
【請求項７】
請求項６に記載の制御システムと、
前記コントローラと、
を備え、
前記送信部は、インターネットを介して前記コントローラに前記第１データを送信し、
前記受信部は、インターネットを介して前記コントローラから前記第２データを受信し、
前記コントローラは、クラウド上に設けられたバーチャルマシンであり、
前記コントローラは、
前記第１データを受信する受信機能部と、
前記第１データに基いて前記第２データを生成するデータ生成機能部と、
前記第２データを前記エッジモジュールに送信する送信機能部と、を備える
遠隔制御システム。

【請求項８】
前記データ生成機能部による前記第２データの生成と、前記送信機能部による前記第２データの前記エッジモジュールへの送信が、異なるスキャン周期内で実行される
請求項７に記載の遠隔制御システム。
【請求項９】
前記エッジモジュールは、前記異常検出部が前記コントローラとの間の通信が正常に行われていないことを判定すると、異常通知を生成する異常通知生成部をさらに備え、
前記送信部は、前記異常通知を前記コントローラに送信し、
前記受信機能部は、前記異常通知を受信し、
前記コントローラは、前記異常通知の受信回数が所定の回数に達した場合、非常事態と判定する状態判定機能部をさらに備える
請求項７に記載の遠隔制御システム。
【請求項１０】
通し番号を含む第２データを生成するデータ生成機能部と、
前第２データに第３時刻を付与し、前記第２データをエッジモジュールに送信する送信機能部と、
前記第２データに基いて前記エッジモジュールによって生成された、前記通し番号および前記第３時刻を含む第３データを受信し、前記第３データが受信された時刻である第４時刻を取得する受信機能部と、
前記第３データに含まれる前記通し番号、および、前記第３データに含まれる前記第３時刻と前記第４時刻との間の差分の少なくとも一方に基いて、前記エッジモジュールとの間の通信が正常に行われたか判定する異常検出機能部と、
を備えるコントローラ。
【請求項１１】
前記異常検出機能部は、前記第３データに含まれる前記通し番号に欠落が生じた場合、および、前記第３時刻と前記第４時刻との間の差分が所定の遅延時間以上の場合の少なくとも一方を満たす場合、前記エッジモジュールとの間の通信が正常に行われていないと判定する
請求項１０に記載のコントローラ。
【請求項１２】
クラウド上に設けられたバーチャルマシンである
請求項１０に記載のコントローラ。
【請求項１３】
通し番号を含む第１データを生成するステップと、
前記第１データに第１時刻を付与し、前記第１データをコントローラに送信するステップと、
前記第１データに基いて前記コントローラによって生成された、前記通し番号および前記第１時刻を含む第２データを受信し、前記第２データが受信された時刻である第２時刻を取得するステップと、
前記第２データに含まれる前記通し番号、および、前記第２データに含まれる前記第１時刻と前記第２時刻との間の差分の少なくとも一方に基いて、前記コントローラとの間の通信が正常に行われたか判定するステップと、
を備える通信方法。
【請求項１４】
通し番号を含む第２データを生成するステップと、
前第２データに第３時刻を付与し、前記第２データをエッジモジュールに送信するステップと、
前記第２データに基いて前記エッジモジュールによって生成された、前記通し番号および前記第３時刻を含む第３データを受信し、前記第３データが受信された時刻である第４時刻を取得するステップと、

前記第３データに含まれる前記通し番号、および、前記第３データに含まれる前記第３時刻と前記第４時刻との間の差分の少なくとも一方に基いて、前記エッジモジュールとの間の通信が正常に行われたか判定するステップと、
を備える通信方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明の実施形態は、エッジモジュール、制御システム、遠隔制御システム、コントローラおよび通信方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
産業プラントなどの制御システムは、制御対象となる機器（対象機器）および制御に関する値を計測するセンサを含むエッジ側システムと、センサからの出力に基いて対象機器を制御するためのコントローラと、が接続されて構築されている。
【０００３】
コントローラとエッジ側システムとの間をローカルＬＡＮで接続する場合、両者間の通信は高速であり、かつ同時性が担保されている。またコントローラが物理マシンである場合、エッジ側システムに対する制御データの生成およびエッジ側システムへの出力は１スキャン周期（１演算周期）内で完結させることが可能である。そのため、定周期処理を行うことが可能である。
【０００４】
これに対し、コントローラをクラウド上に移管させると、制御システムの初期導入コストおよび更新コストの低減や、制御システム構成の柔軟性および運用性向上等の利点がある。しかし、コントローラをクラウド空間上に移管させた場合、エッジ側システムとコントローラとの間にネットワーク遅延の大きいインターネットを介するため、同時性を担保できない。また、クラウド空間上ではローカルＬＡＮで接続された物理マシンほどリソース（計算資源）を確保できないため、エッジ側システムに対する制御データの生成およびエッジ側システムへの出力を１スキャン内で完結させることができない場合がある。これにより、処理ごとにかかる時間がばらつき、定周期処理ができない。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００５】
【特許文献１】特表２０２１－５２５０４４号公報
【特許文献２】特開２０２１－１２１０６５号公報
【特許文献３】特開２０１８－１５２６７５号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００６】
本発明の実施形態は、定周期処理を可能とするエッジモジュール、制御システム、遠隔制御システム、コントローラおよび通信方法を提供する。
【課題を解決するための手段】
【０００７】
本実施形態に係るエッジモジュールは、通し番号を含む第１データを生成するデータ生成部と、前記第１データに第１時刻を付与し、前記第１データをコントローラに送信する送信部と、前記第１データに基いて前記コントローラによって生成された、前記通し番号および前記第１時刻を含む第２データを受信し、前記第２データが受信された時刻である第２時刻を取得する受信部と、前記第２データに含まれる前記通し番号、および、前記第２データに含まれる前記第１時刻と前記第２時刻との間の差分の少なくとも一方に基いて、前記コントローラとの間の通信が正常に行われたか判定する異常検出部と、を備える。
【図面の簡単な説明】

【０００８】
【図１】第１実施形態に係る遠隔制御サービスを示すブロック図。
【図２】第1実施形態に係る遠隔制御システムを示すブロック図。
【図３】データの形式を説明する図。
【図４】第1実施形態に係る遠隔制御システムの処理を説明するシーケンス図。
【図５】第１実施形態に係る遠隔制御システムの別の処理を説明するシーケンス図。
【図６】異常検出部が行う処理を説明する図。
【図７】第１実施形態の変形例に係る遠隔制御システムを示すブロック図。
【図８】第1実施形態の変形例に係る遠隔制御システムの処理を説明するシーケンス図。
【図９】第２実施形態に係る遠隔制御システムを示すブロック図。
【図１０】第２実施形態に係る遠隔制御システムの処理を説明するシーケンス図。
【発明を実施するための形態】
【０００９】
以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態について説明する。
【００１０】
（第１実施形態）
図１は、第１実施形態に係る遠隔制御サービス１０の一例を示すブロック図である。遠隔制御サービス１０は、複数の制御システム２＿１～２＿Ｎと、複数のコントローラバーチャルマシン（コントローラ）３＿１～３＿Ｍと、通信ネットワーク４と、を備える。以下、複数の制御システム２＿１～２＿Ｎのうちの１つを単に制御システム２と表記し、複数のコントローラ３＿１～３＿Ｍのうちの１つを単にコントローラ３と表記する。遠隔制御サービス１０は、産業プラント等が備える複数の機器（対象機器２１）を制御するためのサービスである。
【００１１】
制御システム２は、制御対象となる対象機器２１と、センサ（計測機器）２２と、Ｉ／Ｏ機器２３と、エッジモジュール２４と、を備える。制御システム２は、センサ２２が取得した計測データをコントローラ３に送信し、コントローラ３から受信した制御データに基いて実際に対象機器２１を制御するための、エッジ側の制御システムである。計測データは、エッジモジュール２４からコントローラ３に送信される第１データの一例である。制御データは、コントローラ３からエッジモジュール２４に送信される第２データの一例である。
【００１２】
対象機器２１は、産業プラントを構成する機器である。対象機器２１は、例えばバルブ、ポンプ、熱交換器、混合機などである。
【００１３】
センサ２２は、対象機器２１の制御に関する値を計測し、計測信号（アナログ信号）として出力する。センサ２２は、対象機器２１自体の動作を監視するものであってもよいし、対象機器２１に関連する別の機器の動作を監視するものであってもよい。センサ２２は、対象機器２１に組み込まれていてもよいし、対象機器２１と物理的に離れた場所に配置されていてもよい。１つの制御システム２が複数のセンサ２２を備えてもよい。対象機器２１がポンプの場合、センサ２２は、例えば流量計である。
【００１４】
Ｉ／Ｏ機器２３は、プラントを構成する対象機器２１およびセンサ２２との入出力を行うための機器である。Ｉ／Ｏ機器２３は、例えば、センサ２２から、センサ２２が計測した計測信号を収集し、エッジモジュール２４に出力する。また、Ｉ／Ｏ機器２３は、エッジモジュール２４から受け取った制御信号を対象機器２１に出力し、対象機器２１を制御する。
【００１５】
エッジモジュール２４は、センサ２２からの計測信号に基いて計測データを生成し、コントローラ３からの制御データに基いて制御信号を生成するための電子装置である。また

エッジモジュール２４は、コントローラ３との通信を行う。

【００１６】

コントローラ３は、制御システム２から計測データを受信し、計測データに基いて対象機器２１を制御するための制御データを生成する。またコントローラ３は、制御データを制御システム２に送信する。本実施形態において、コントローラ３は、クラウド空間（クラウドサーバ）上に設けられたバーチャルマシンであるが、コントローラ３は物理マシンであってもよい。

【００１７】

通信ネットワーク４は、複数の制御システム２＿１～２＿Ｎとコントローラ３＿１～３＿Ｍとの間を接続する。本実施形態において、通信ネットワーク４はインターネットであるが、これはその他の種類の通信ネットワークを採用する構成を排除するものではない。

【００１８】

複数の制御システム２＿１～２＿Ｎのそれぞれが、複数のコントローラ３＿１～３＿Ｍとデータのやり取りを行う。ここで、１つの制御システム２と、当該制御システム２とデータのやり取りを行う１つのコントローラ３と、の組を、遠隔制御システム１と呼ぶことにする。つまり、遠隔制御サービス１０は、複数の遠隔制御システム１を備える。

【００１９】

図２は、第１実施形態に係る遠隔制御システム１の一例を示すブロック図である。なお、図２は、特定の制御システム２と特定のコントローラ３とが一対一で対応していることを示しているわけではない。つまり、ある制御システム２に対応するコントローラ３が固定されているわけではない。また例えば、制御システム２＿２が備えるセンサ２２から取得された計測データに基いて、制御システム２＿２と異なる制御システム２＿３が備える対象機器２１を制御する場合もある。そのような場合、１つの制御システム２が、対象機器２１またはセンサ２２を備えていなくともよい。

【００２０】

遠隔制御システム１は、センサ２２が計測した計測信号に基いて、コントローラ３が対象機器２１を制御するための制御データを生成し、制御データに基いて対象機器２１を制御するためのシステムである。

【００２１】

エッジモジュール２４は、計測データ生成部２４１と、送信部２４２と、受信部２４３と、異常検出部２４４と、制御信号生成部２４５と、を備える。

【００２２】

計測データ生成部２４１は、Ｉ／Ｏ機器２３から計測信号を取得し、計測データを生成する。例えば、計測データ生成部２４１は、アナログ信号である計測信号をデジタル信号に変換して計測データを生成する。或いは、計測データ生成部２４１は、複数のセンサ２２から得られた複数の計測信号に基いて、計測データを生成してもよい。

【００２３】

送信部２４２は、計測データを送信する時刻を第１時刻として計測データに付与して、計測データを、通信ネットワーク４を介してコントローラ３に送信する。

受信部２４３は、コントローラ３から送信された制御データを、通信ネットワーク４を介して受信する。この際、受信部２４３は、制御データを受信した時刻を第２時刻として取得する。

【００２４】

異常検出部２４４は、受信された制御データに基いて、エッジモジュール２４とコントローラ３との間の通信が正常に行われたか否か（異常が発生していないか否か）を判定する。つまり、コントローラ３による処理が過度な遅延なく正常に行われ、計測データの送信および当該計測データに対応する制御データの受信の両方が過度な遅延なく成功したか否か判定する。また異常検出部２４４は、遠隔制御システム１の稼働中において、異常が検出された回数に応じて、非常事態であるか否かを判定する。回数は一定時間当たりの平均回数でもよい。

【００２５】
制御信号生成部２４５は、受信した制御データに基いて制御信号を生成する。また制御信号生成部２４５は、異常検出部２４４が非常事態であると判定した場合、非常時用の制御信号を生成してもよい。非常時用の制御信号は、例えば対象機器２１を緊急停止する命令や安全装置を作動させる命令を含む。
【００２６】
要素２１～２３、要素２４１～２４５の少なくとも一部はＡＳＩＣ（application specific integrated circuit）、ＦＰＧＡ（Field-Programmable Gate Array）等の回路またはプロセッサにより構成されてもよい。あるいはこれらの要素のうちの一部または全部が、プログラムを実行するＣＰＵによって実行されてもよい。
【００２７】
コントローラ３は、受信機能部Ｆ３１と、演算機能部Ｆ３２と、制御データ生成機能部Ｆ３３と、送信機能部Ｆ３４と、を備える。換言すれば、コントローラ３は、クラウド上で各種機能部として機能する。
【００２８】
受信機能部Ｆ３１は、エッジモジュール２４から送信された計測データを、通信ネットワーク４を介して受信する。
送信機能部Ｆ３４は、制御データを、通信ネットワーク４を介して送信する。
【００２９】
演算機能部Ｆ３２は、受信機能部Ｆ３１によって受信された計測データを処理する。例えば、演算機能部Ｆ３２は、計測データを解析し、対象機器２１が正常に動作しているか、計測データに異常値が含まれているか否か等を判定する。
【００３０】
制御データ生成機能部Ｆ３３は、演算機能部Ｆ３２による処理の結果に基いて、対象機器２１を制御するための制御データを生成する。制御データ生成機能部Ｆ３３は、１つ（例えば、１つのパケット）の計測データに基いて１つの制御データを生成する。
【００３１】
コントローラ３は、任意の制御プログラムを実行することで、機能部Ｆ３１～Ｆ３４の処理を含む各種処理を行う。制御プログラムは、所定のスキャン周期で実行される。スキャン周期には、リフレッシュ、制御プログラムの実行（演算）時間、ＥＮＤ処理時間等が含まれる。
【００３２】
本実施形態のコントローラ３が設けられているクラウドサーバは、例えばＭＰＵなどの制御装置と、記憶装置などを備えたハードウェア構成によって実現される。記憶装置は、ＲＯＭ（Read Only Memory）やＲＡＭ（Random Access Memory）などのメモリ装置、ＨＤＤ、ＣＤドライブ装置などの外部記憶装置、またはこれらの両方によって実現される。さらにクラウドサーバが、ディスプレイ装置などの表示装置と、キーボードやマウスなどの入力装置を備えることも排除されない。
【００３３】
本実施形態のコントローラ３で実行される制御プログラムは、インストール可能な形式又は実行可能な形式のファイルでＤＶＤ（Digital Versatile Disk）等のコンピュータで読み取り可能なディスク状記録媒体、ＵＳＢメモリ、ＳＳＤ（Solid State Disk）等の半導体記憶装置に記録されて提供される。
【００３４】
また、本実施形態のコントローラ３で実行される制御プログラムを、インターネット等のネットワークに接続されたコンピュータ上に格納し、ネットワーク経由でダウンロードさせることにより提供するように構成しても良い。また、本実施形態のコントローラ３で実行される制御プログラムを、ＲＯＭ等に予め組み込んで提供するように構成してもよい。
【００３５】

本実施形態では、コントローラ３は、計測データを受信すると、次回（直後）のスキャン周期内に演算処理を行い、制御データを生成する。そして、コントローラ３は、その次以降のスキャン周期内にエッジモジュール２４に制御データを送信することとする。つまり、コントローラ３は、制御データの生成と、制御データのエッジモジュール２４への送信を、異なるスキャン周期内で行う。これにより、コントローラ３内で過度な遅延が発生しない場合、制御データの生成から送信までにかかる時間を一定（１スキャン周期分）にすることができ、処理時間のばらつきを抑制することができる。

【００３６】

図３は、計測データおよび制御データの形式を説明する図である。計測データおよび制御データは、例えばパケットの形式で生成される。計測データおよび制御データはいずれも、図３に示されるように、通し番号（第１通し番号）と、第１時刻と、ペイロード（データ１、データ２、・・・）を含む。

【００３７】

通し番号は、計測データ生成部２４１が計測データに付与する番号であり、異常検出部２４４による異常検出のために用いられる。図３に示されているデータには、通し番号「０ｘ９８７Ｆ」が付与されている。通し番号は、例えば計測データ生成部が備えるＰＬＣ（Programmable Logic Controller）のカウンタ値を流用してもよい。

【００３８】

第１時刻は、送信部２４２が計測データを送信する際の時刻である。第１時刻は、例えば計測データ生成部２４１が計測データを生成した時刻であってもよい。図３に示す例では、通し番号「０ｘ９８７Ｆ」のデータは、時刻「０ｘ０７８３６２８７ｆ３２ａ」に送信されたことを示す。

【００３９】

ペイロードは、計測データまたは制御データの本体である。例えば制御データのペイロードには、例えば対象機器２１を停止する命令が含まれている。

【００４０】

（動作例１）

ここで、遠隔制御システム１が行う処理の全体像を説明する。図４は、通常時（非常事態に陥らない場合）の遠隔制御システム１のシーケンス図である。以下、図４を参照して、遠隔制御システム１の動作例について説明する。

【００４１】

まず、Ｉ／Ｏ機器２３が、センサ２２によって得られた計測信号をエッジモジュール２４に出力する（ステップＳ１０１）。

【００４２】

次に、計測データ生成部２４１が、入力された計測信号に基いて計測データを生成する。この際、計測データ生成部２４１は、生成した計測データに第1通し番号を付与する（ステップＳ１０２）。

【００４３】

次に、送信部２４２が、計測データをコントローラ３に送信する。この際、送信時刻を第１時刻として計測データに付与して送信する（ステップＳ１０３）。

【００４４】

次に、コントローラ３が、受信機能部Ｆ３１として機能し、計測データを受信する（ステップＳ１０４）。次に、コントローラ３が、演算機能部Ｆ３２として機能し、計測データを処理する（ステップＳ１０５）。ここで、コントローラ３は、所定の演算周期毎に計測データを処理するため、ステップＳ１０４が完了してからステップＳ１０５が開始するまでは、最大で１スキャン周期分の待機時間が発生する。

【００４５】

次に、コントローラ３が、制御データ生成機能部Ｆ３３として機能し、ステップＳ１０５の処理結果に基いて、対象機器２１の制御を行うための制御データを生成する（ステップＳ１０６）。

【００４６】
次に、コントローラ３が、制御データ生成機能部Ｆ３３として機能し、生成した制御データに、通し番号および第１時刻を付与する（ステップＳ１０７）。このとき付与される通し番号および第１時刻は、当該制御データに対応する計測データに含まれるものと同一である。
【００４７】
次に、コントローラ３が、送信機能部Ｆ３４として機能し、制御データをエッジモジュール２４に送信する（ステップＳ１０８）。ステップＳ１０８は、ステップＳ１０７が実行されたスキャン周期と異なるスキャン周期内で実行される。
【００４８】
次に、受信部２４３が、制御データを受信する。この際、制御データを受信した時刻（第２時刻）を取得する（ステップＳ１０９）。
【００４９】
次に、異常検出部２４４が、受信された制御データに基き、コントローラ３との通信が正常に行われたか否か判定する（ステップＳ１１０）。異常が検出されなかった場合（ステップＳ１１１：Ｎｏ）、ステップＳ１１２に移行する。
【００５０】
異常が検出された場合（ステップＳ１１０：Ｙｅｓ）、異常検出部２４４が、非常事態であるか否か判定する（ステップＳ１１１）。非常事態ではないと判定された場合、ステップＳ１１２に移行する（ステップＳ１１１：Ｎｏ）。非常事態と判定された場合、ステップＡに移行する。
【００５１】
次に、制御信号生成部２４５が、受信した制御データに基いて制御信号を生成し、Ｉ／Ｏ機器２３に送信する（ステップＳ１１２）。
【００５２】
次に、Ｉ／Ｏ機器２３が制御信号を受信し、制御信号に基いて対象機器２１を制御する（ステップＳ１１３）。
【００５３】
（動作例２）
次に、非常事態に陥る場合（ステップＡ以降）の遠隔制御システム１が行う処理を説明する。図５は、非常事態に陥る場合の遠隔制御システム１のシーケンス図である。以下、図５を参照して、遠隔制御システム１の動作例について説明する。ステップＡ以前の動作については、図４と同様であるため省略する。
【００５４】
まず、異常検出部２４４が非常事態であると判定した場合、ステップＳ２０１に移行する（ステップＡ）
【００５５】
次に、制御信号生成部２４５は、非常時における制御信号（非常時制御信号）を生成し、Ｉ／Ｏ機器２３に送信する（ステップＳ２０１）。非常時制御信号は、例えば、対象機器２１を停止する命令や安全装置を作動させる命令を含む。Ｉ／Ｏ機器２３は、その後、受信した非常時制御信号に基き、対象機器２１を制御する（ステップＳ２０２）。
【００５６】
次に、エッジモジュール２４が、非常事態になったことを通知するために、非常通知を生成し、コントローラ３に送信する（ステップＳ２０３）。
【００５７】
次に、コントローラ３は、非常通知を受信し、処理する（ステップＳ２０４）。その後、コントローラ３は、非常状態に陥ったことをユーザに通知してもよいし、制御システム２の復旧を試みてもよい。
【００５８】
以上説明したように、遠隔制御システム１は、エッジモジュール２４とコントローラ３

との間で通信を行い、対象機器２１の制御を行う。また、エッジ側で非常事態の判定を行うことで、非常事態に陥った際に迅速に対応することができる。

【００５９】

次に、図６を参照して、ステップＳ１１０、Ｓ１１１において異常検出部２４４が行う処理を説明する。図６は、異常検出部２４４が行う処理を説明するための図である。

【００６０】

異常検出部２４４は、制御データに含まれる通し番号、および、第１時刻と第２時刻との間の差分の少なくとも一方に基いて、コントローラ３との間の通信が正常に行われたか否か判定する。より詳しくは、異常検出部２４４は、制御データに含まれる通し番号に欠落が生じた場合、および、第１時刻と第２時刻との間の差分が所定の遅延時間以上の場合の少なくとも一方を満たす場合、異常と判定する。また、異常が所定の回数（１回または複数回）検出（判定）された場合、異常検出部２４４は、非常事態であると判定する。１回の異常検出で非常事態であると判定する場合、異常に対する迅速な対応が可能である。複数回の異常検出で非常事態であると判定する場合、偶発的な異常を排除することができる。

【００６１】

第１時刻と第２時刻との間の差分は、ステップＳ１０３が開始してからステップＳ１０９が完了するまでにかかる時間に相当する（図４参照）。

ここで、計測データ処理が開始してから制御データ送信が開始するまで（ステップＳ１０５開始～Ｓ１０８開始）にかかる時間は、コントローラ３内で過度な遅延が発生しなければ、１スキャン周期分である。

また、計測データ受信が完了してから計測データ処理が開始するまで（ステップＳ１０４完了～Ｓ１０５開始）の待機時間は、最大で１スキャン周期分である。

そして、エッジモジュール２４とコントローラ３との間の通信にかかる時間（ステップＳ１０３開始～Ｓ１０４完了、ステップＳ１０８開始～Ｓ１０９完了）の合計が、両者間の通信が正常であれば、１スキャン周期未満になると仮定する。

これらを考慮すると、エッジモジュール２４とコントローラ３との間の通信が正常に行われた場合、第１時刻と第２時刻との間の差分は３スキャン周期分に収まることが期待される。

【００６２】

図６に示す例では、１スキャン周期は１００ｍｓである。そこで、所定の遅延時間は例えば３００ｍｓとする。通し番号が２の制御データ（制御データ２とする）は、第１時刻と第２時刻の差分が３０２．２５ｍｓであるため、異常検出部２４４によって異常と判定される。しかし、制御データ２の判定時点では、累計異常検出回数は１回なので非常事態とは判定されない。通し番号が５である制御データ５は、その直前の制御データの通し番号が３のため、異常と判定される。また、この時点で累計異常検出回数が２回に達したため、異常検出部２４４によって非常事態と判定される。

【００６３】

以上説明したように、計測データに第１時刻および第１通し番号を付与し、当該計測データに基く制御データにも同じ第１時刻および第１通し番号を付与する。これにより、制御データを受信した際に、第１時刻と第２時刻との間の差分、または第１通し番号を確認することで、エッジモジュール２４とコントローラ３との間の通信が正常に行われなかった場合に、異常を検出することができる。またこれにより、遠隔制御システム１内の定周期処理を可能とすることができる。

【００６４】

また、第1時刻と第２時刻との間の差分を確認するために、第1時刻をエッジモジュール２４側に記憶しておき、制御データを受信した際に、記憶していた第１時刻と制御データに含まれる第２時刻との間の差分を確認してもよい。

【００６５】

（変形例）

上記の説明では、エッジモジュール２４が備える異常検出部２４４が、非常状態か否かを判定していたが、コントローラ３が、非常状態か否かを判定してもよい。コントローラ３が非常事態か否かを判定することにより、遠隔制御サービス１０全体の状況を考慮したより総合的な判断を下せるようになる。

【００６６】

図７は、第１実施形態の変形例に係る遠隔制御システム１を示すブロック図である。上述した第１実施形態における図２と同じ名称または機能の要素には同じ符号を付している。以後、変更または追加された事項を除き説明を省略する。

【００６７】

エッジモジュール２４は、異常通知生成部２４６を備える。異常通知生成部２４６は、異常検出部２４４が異常を検出すると、その旨をコントローラ３に通知するために異常通知を生成する。生成された異常通知は、送信部２４２によってコントローラ３に送信され、受信機能部Ｆ３１によって受信され、演算機能部Ｆ３２によって処理される。

【００６８】

コントローラ３は、状態判定機能部Ｆ３５を備える。状態判定機能部Ｆ３５は、受信され処理された異常通知の数（異常通知の受信回数）に基いて、非常事態であるか否か判定する。状態判定機能部Ｆ３５は、異常通知の受信回数が所定の回数（１回または複数回）に達した場合、非常事態と判定する。状態判定機能部Ｆ３５が非常状態であると判定すると、制御データ生成機能部Ｆ３３が、非常時用の制御データを生成する。制御データ生成機能部Ｆ３３は、他のコントローラ３からの情報から、他の遠隔制御システム１の状況を確認した上で、非常時用の制御データを生成してもよい。これにより、例えばある対象機器２１を停止したことで他の対象機器２１に悪影響が出るといったことを防ぐことができる。

【００６９】

図８は、本変形例に係る遠隔制御システム１のシーケンス図である。以下、図８を参照して、本変形例に係る遠隔制御システム１の動作例について説明する。ステップＳ１１０：Ｎｏ以前の動作については、図４と同様であるため省略する。

【００７０】

まず、異常検出部２４４が、異常が発生したことを検出する（ステップＳ１１１：Ｙｅｓ）。

【００７１】

次に、異常通知生成部２４６が、異常が発生した旨を通知するための異常通知を生成し、コントローラ３に送信する（ステップＳ３０１）。

【００７２】

次に、コントローラ３は、受信機能部Ｆ３１として機能し、異常通知を受信する。そして、コントローラ３は、演算機能部Ｆ３２として機能し、異常通知を処理する（ステップＳ３０２）。

【００７３】

次に、コントローラ３は、状態判定機能部Ｆ３５として機能し、異常通知を受信した回数に基いて、非常事態か否かを判定する（ステップＳ３０３：Ｙｅｓ）。

【００７４】

次に、コントローラ３は、制御データ生成機能部Ｆ３３として機能し、非常事態に応じた制御を行うために、非常時制御データを生成する。そして、コントローラ３は、送信機能部Ｆ３４として機能し、非常時制御データをエッジモジュール２４に送信する（ステップＳ３０４）。非常時制御データは、例えば、対象機器２１を停止する命令や安全装置を作動させる命令を含む。

【００７５】

次に、受信部２４３は、非常時制御データを受信する（ステップＳ３０５）。そして、制御信号生成部２４５は、非常時制御データに基いて非常時制御信号を生成しＩ／Ｏ機器２３に送信する（ステップＳ３０６）。

【００７６】
次に、Ｉ／Ｏ機器２３が、対象機器２１を制御する（ステップＳ３０７）。
【００７７】
（第２実施形態）
第１実施形態で、エッジモジュール２４がコントローラ３との間で定周期処理を行う方法について説明した。第２実施形態では、コントローラ３側から見て、コントローラ３とエッジモジュール２４との間の通信が正常に行われたことを確認する方法について説明する。
【００７８】
図９は、第２実施形態に係る遠隔制御システム１Ａを示すブロック図である。上述した第１実施形態における図２と同じ名称または機能の要素には同じ符号を付している。以後、変更または追加された事項を除き説明を省略する。
【００７９】
制御データ生成機能部Ｆ３３は、制御データを生成する際、制御データに第２通し番号を付与する。第２通し番号は、コントローラ３独自のものであり、計測データ生成部２４１が計測データに付与する第１通し番号とは別物である。
【００８０】
送信機能部Ｆ３４は、制御データを送信する際の時刻を第３時刻として制御データに付与する。または、制御データ生成機能部Ｆ３３が制御データを生成した時刻を第３時刻としてもよい。
【００８１】
エッジモジュール２４は、応答データ生成部２４７を備える。応答データ生成部２４７は、受信部２４３が制御データを受信した場合、応答データを生成する。応答データ生成部２４７は、応答データに、第２通し番号および第３時刻を付与する。応答データは送信部２４２によってコントローラ３に送信される。応答データの形式は、図３に示される計測データまたは制御データの例と同様である。応答データは、エッジモジュール２４からコントローラ３に送信される第３データの一例である。
【００８２】
受信機能部Ｆ３１は、エッジモジュール２４から送信された応答データを、通信ネットワーク４を介して受信する。この際、受信機能部Ｆ３１は、応答データを受信した時刻を第４時刻として取得する。
【００８３】
コントローラ３は、異常検出機能部Ｆ３６を備える。異常検出機能部Ｆ３６は、受信された応答データに基いて、コントローラ３とエッジモジュール２４と間の通信が正常に行われたか否か（異常が発生していないか否か）を判定する。つまり、制御データの送信および当該制御データに対応する応答データの受信の両方が過度な遅延なく成功したか否か判定する。
【００８４】
異常検出機能部Ｆ３６は、応答データに含まれる通し番号、および、第３時刻と第４時刻との間の差分の少なくとも一方に基いて、エッジモジュール２４との間の通信が正常に行われたか否か判定する。より詳しくは、異常検出機能部Ｆ３６は、応答データに含まれる通し番号に欠落が生じた場合の少なくとも一方を満たす場合、および、第３時刻と第４時刻との間の差分が所定の遅延時間以上の場合の少なくとも一方を満たす場合、異常と判定する。また、異常が所定の回数（１回または複数回）検出された場合、異常検出機能部Ｆ３６は、非常事態であると判定する。
【００８５】
図１０は、本実施形態に係る遠隔制御システム１Ａのシーケンス図である。以下、図１０を参照して、本実施形態に係る遠隔制御システム１Ａの動作例について説明する。ステップＳ１０５以前の動作については、図４と同様であるため省略する。既述のシーケンス図と同じ機能のステップには同じ符号を付し、適宜説明を省略または簡略化している。

【００８６】
まず、コントローラ３が、制御データ生成機能部Ｆ３３として機能し、対象機器２１の制御を行うための制御データを生成する（ステップＳ１０６）。そして、コントローラ３が、制御データ生成機能部Ｆ３３として機能し、制御データに第２通し番号を付与する（ステップＳ４０１）。
【００８７】
次に、コントローラ３が、送信機能部Ｆ３４として機能し、制御データをエッジモジュール２４に送信する。この際、送信時刻を第３時刻として制御データに付与して送信する（Ｓ４０２）。そして、受信部２４３が、制御データを受信する（ステップＳ１０９）。
【００８８】
次に、応答データ生成部２４７が、制御データが受信されたことに応じて、応答データを生成する（ステップＳ４０２）。そして、応答データ生成部２４７は、応答データに第２通し番号および第３時刻を付与する（ステップＳ４０３）。そして、送信部２４２が、応答データをコントローラ３に送信する（ステップＳ４０４）。
【００８９】
次に、コントローラ３が、受信機能部Ｆ３１として機能し、応答データを受信する。この際、受信時刻を第４時刻として取得する。そして、コントローラ３は、演算機能部Ｆ３２として機能し、応答データを処理する（ステップＳ４０５）。
【００９０】
次に、コントローラ３が、異常検出機能部Ｆ３６として機能し、エッジモジュール２４が正常に制御データを受信したか否か判定し、異常を検出すると、ステップＳ３０３に移行する（ステップＳ４０６：Ｙｅｓ）。その後の処理は図８と同様なため省略する。
【００９１】
以上説明したように、第２実施形態によれば、コントローラ３側から見て、コントローラ３とエッジモジュール２４との間の通信が正常に行われたことを確認することができる。
【００９２】
なお、本発明は上記各実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。また、上記各実施形態に開示されている複数の構成要素を適宜組み合わせることによって種々の発明を形成できる。また例えば、各実施形態に示される全構成要素からいくつかの構成要素を削除した構成も考えられる。さらに、異なる実施形態に記載した構成要素を適宜組み合わせてもよい。
【００９３】
本実施形態は、以下のように構成することもできる。
［項目１］
通し番号を含む第１データを生成するデータ生成部と、
前記第１データに第１時刻を付与し、前記第１データをコントローラに送信する送信部と、
前記第１データに基いて前記コントローラによって生成された、前記通し番号および前記第１時刻を含む第２データを受信し、前記第２データが受信された時刻である第２時刻を取得する受信部と、
前記第２データに含まれる前記通し番号、および、前記第２データに含まれる前記第１時刻と前記第２時刻との間の差分の少なくとも一方に基いて、前記コントローラとの間の通信が正常に行われたか判定する異常検出部と、
を備えるエッジモジュール。
［項目２］
前記異常検出部は、前記第２データに含まれる前記通し番号に欠落が生じた場合、および、前記第１時刻と前記第２時刻との間の差分が所定の遅延時間以上の場合の少なくとも一方を満たす場合、前記コントローラとの間の通信が正常に行われていないと判定する
項目１に記載のエッジモジュール。

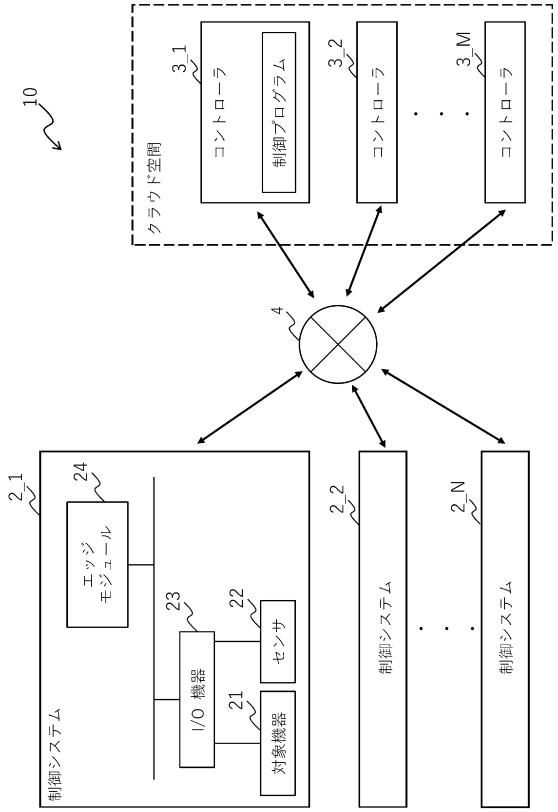
［項目３］
前記異常検出部は、前記コントローラとの間の通信が正常に行われていないことを所定の回数判定すると、非常事態と判定する
項目１または２に記載のエッジモジュール。
［項目４］
前記送信部は、インターネットを介して前記コントローラに前記第１データを送信し、
前記受信部は、インターネットを介して前記コントローラから前記第２データを受信する
項目１－３のいずれかに記載のエッジモジュール。
［項目５］
前記コントローラは、クラウド上に設けられたバーチャルマシンである
項目４に記載のエッジモジュール。
［項目６］
項目１に記載のエッジモジュールと、
制御対象となる対象機器と、
前記対象機器の制御に関する値を計測する計測機器と、
を備え、
前記第１データは、前記計測機器によって計測されたデータであり、
前記第２データは、前記対象機器を制御するためのデータである
制御システム。
［項目７］
項目６に記載の制御システムと、
前記コントローラと、
を備え、
前記送信部は、インターネットを介して前記コントローラに前記第１データを送信し、
前記受信部は、インターネットを介して前記コントローラから前記第２データを受信し、
前記コントローラは、クラウド上に設けられたバーチャルマシンであり、
前記コントローラは、
前記第１データを受信する受信機能部と、
前記第１データに基いて前記第２データを生成するデータ生成機能部と、
前記第２データを前記エッジモジュールに送信する送信機能部と、を備える
遠隔制御システム。
［項目８］
前記データ生成機能部による前記第２データの生成と、前記送信機能部による前記第２データの前記エッジモジュールへの送信が、異なるスキャン周期内で実行される
項目７に記載の遠隔制御システム。
［項目９］
前記エッジモジュールは、前記異常検出部が前記コントローラとの間の通信が正常に行われていないことを判定すると、異常通知を生成する異常通知生成部をさらに備え、
前記送信部は、前記異常通知を前記コントローラに送信し、
前記受信機能部は、前記異常通知を受信し、
前記コントローラは、前記異常通知の受信回数が所定の回数に達した場合、非常事態と判定する状態判定機能部をさらに備える
項目７または８に記載の遠隔制御システム。
［項目１０］
通し番号を含む第２データを生成するデータ生成機能部と、
前第２データに第３時刻を付与し、前記第２データをエッジモジュールに送信する送信機能部と、
前記第２データに基いて前記エッジモジュールによって生成された、前記通し番号およ

び前記第３時刻を含む第３データを受信し、前記第３データが受信された時刻である第４時刻を取得する受信機能部と、
　前記第３データに含まれる前記通し番号、および、前記第３データに含まれる前記第３時刻と前記第４時刻との間の差分の少なくとも一方に基いて、前記エッジモジュールとの間の通信が正常に行われたか判定する異常検出機能部と、
　を備えるコントローラ。
［項目１１］
　前記異常検出機能部は、前記第３データに含まれる前記通し番号に欠落が生じた場合、および、前記第３時刻と前記第４時刻との間の差分が所定の遅延時間以上の場合の少なくとも一方を満たす場合、前記エッジモジュールとの間の通信が正常に行われていないと判定する
　項目１０に記載のコントローラ。
［項目１２］
　クラウド上に設けられたバーチャルマシンである
　項目１０または１１に記載のコントローラ。
［項目１３］
　通し番号を含む第１データを生成するステップと、
　前記第１データに第１時刻を付与し、前記第１データをコントローラに送信するステップと、
　前記第１データに基いて前記コントローラによって生成された、前記通し番号および前記第１時刻を含む第２データを受信し、前記第２データが受信された時刻である第２時刻を取得するステップと、
　前記第２データに含まれる前記通し番号、および、前記第２データに含まれる前記第１時刻と前記第２時刻との間の差分の少なくとも一方に基いて、前記コントローラとの間の通信が正常に行われたか判定するステップと、
　を備える通信方法。
［項目１４］
　通し番号を含む第２データを生成するステップと、
　前第２データに第３時刻を付与し、前記第２データをエッジモジュールに送信するステップと、
　前記第２データに基いて前記エッジモジュールによって生成された、前記通し番号および前記第３時刻を含む第３データを受信し、前記第３データが受信された時刻である第４時刻を取得するステップと、
　前記第３データに含まれる前記通し番号、および、前記第３データに含まれる前記第３時刻と前記第４時刻との間の差分の少なくとも一方に基いて、前記エッジモジュールとの間の通信が正常に行われたか判定するステップと、
　を備える通信方法。
【符号の説明】
【００９４】
１、１Ａ　遠隔制御システム
２、２＿１～２＿Ｎ　制御システム
３、３＿１～３＿Ｍ　コントローラ
４　通信ネットワーク
２１　対象機器
２２　センサ（計測機器）
２３　Ｉ／Ｏ機器
２４　エッジモジュール
２４１　計測データ生成部
２４２　送信部
２４３　受信部

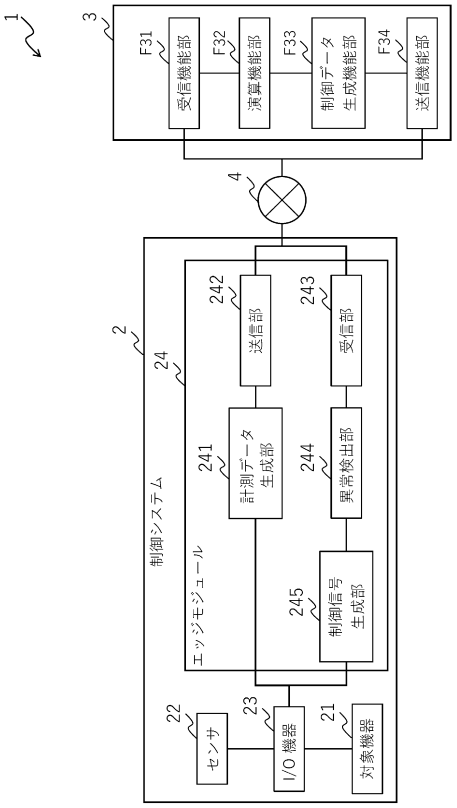
２４４　異常検出部
２４５　制御信号生成部
２４６　異常通知生成部
２４７　応答データ生成部
Ｆ３１　受信機能部
Ｆ３２　演算機能部
Ｆ３３　制御データ生成機能部
Ｆ３４　送信機能部
Ｆ３４　制御データ生成機能部
Ｆ３５　状態判定機能部
Ｆ３６　異常検出機能部

【図面】

【図１】



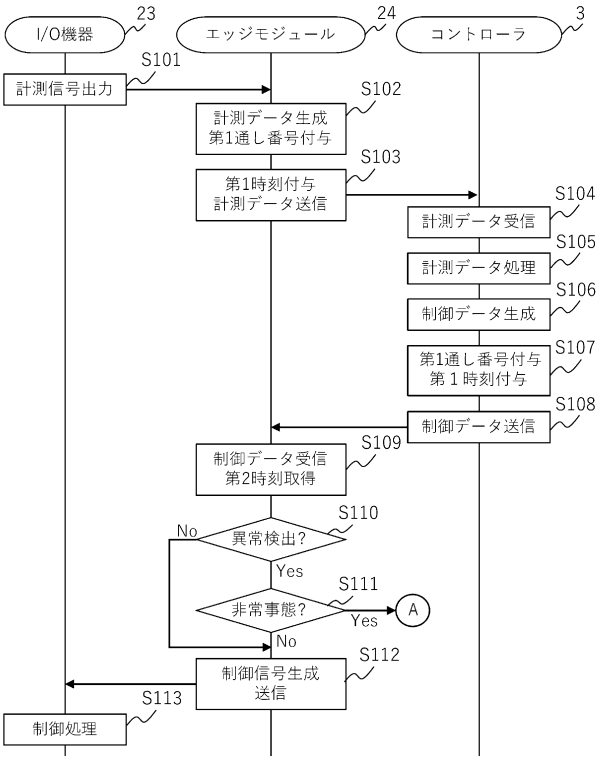
【図２】



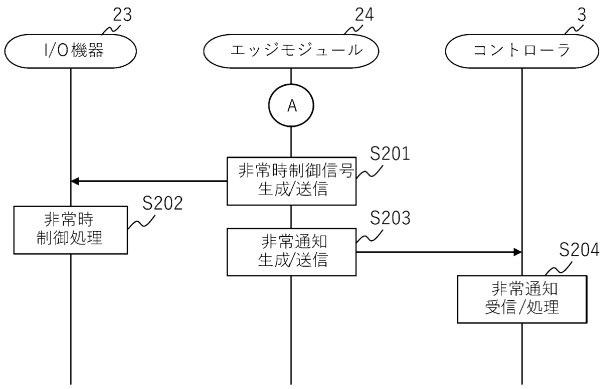
【図３】

通し番号	0x987F
第１時刻	0x07836287f32a
データ１	・・・
データ２	・・・
・・・	・・・

【図４】



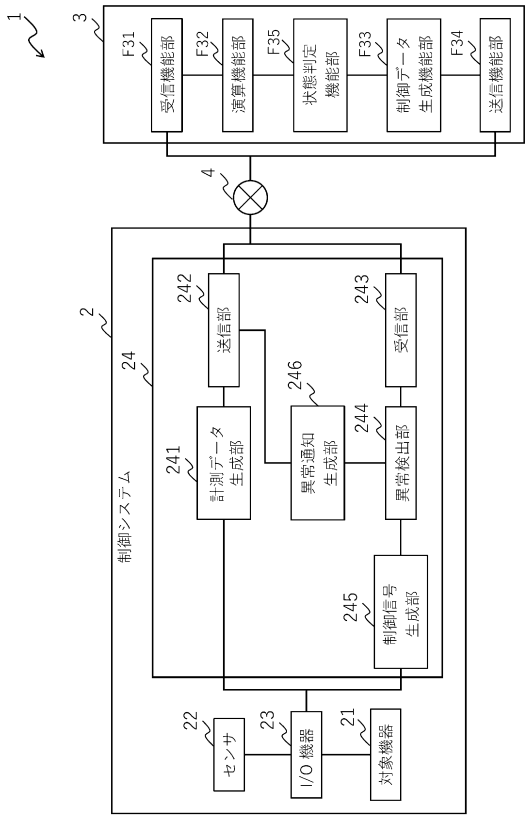
【図５】



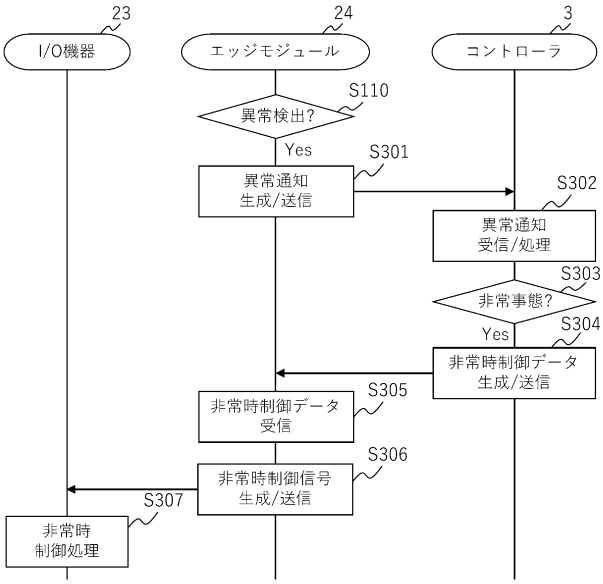
【図６】

通し番号	1	2	3	5	・・・
通し番号判定	OK	OK	OK	NG	・・・
第１時刻 [ms]	100	202.3	297.6	496.9	・・・
第２時刻 [ms]	349.25	504.55	548.55	747.35	・・・
差分 [ms]	249.25	302.25	250.95	250.45	・・・
差分判定	OK	NG	OK	OK	・・・
累計異常検出回数	0	1	1	2	・・・
非常事態判定	No	No	No	Yes	・・・

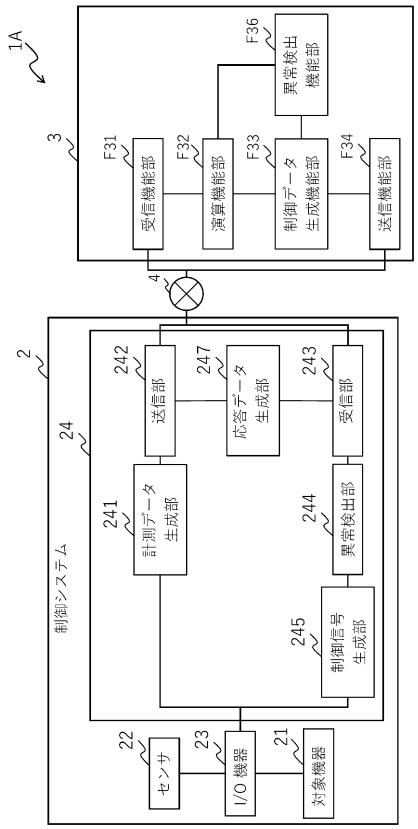
【図７】


1
3
F31
受信機能部
F32
演算機能部
F35
状態判定
機能部
F33
制御データ
生成機能部
F34
送信機能部
4
2
24
制御システム
242
送信部
243
受信部
246
241
計測データ
生成部
異常通知
生成部
244
異常検出部
245
制御信号
生成部
22
センサ
23
I/O 機器
21
対象機器

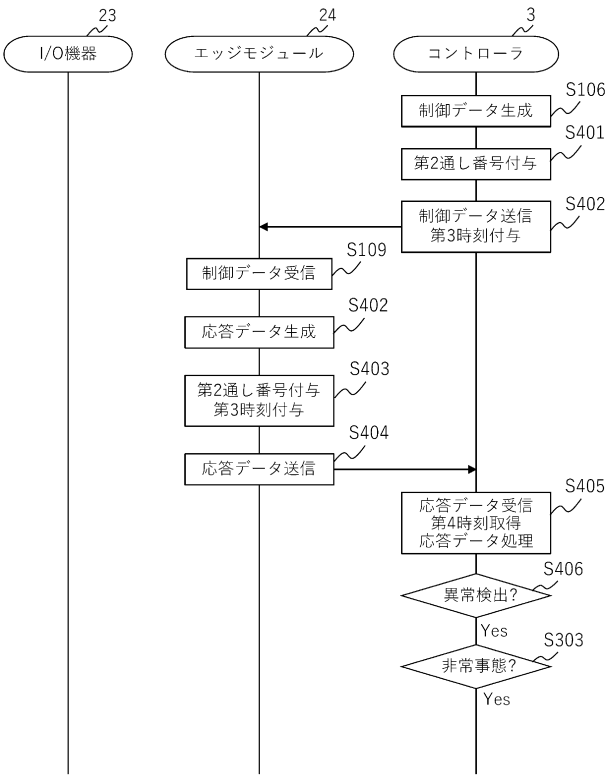
【図８】


23
I/O機器
24
エッジモジュール
3
コントローラ
S110
異常検出?
Yes
S301
異常通知
生成/送信
S302
異常通知
受信/処理
S303
非常事態?
Yes
S304
非常時制御データ
生成/送信
S305
非常時制御データ
受信
S306
非常時制御信号
生成/送信
S307
非常時
制御処理

【図９】


1A
3
F36
異常検出
機能部
F31
受信機能部
F32
演算機能部
F33
制御データ
生成機能部
F34
送信機能部
4
2
24
制御システム
242
送信部
247
応答データ
生成部
243
受信部
241
計測データ
生成部
244
異常検出部
245
制御信号
生成部
22
センサ
23
I/O 機器
21
対象機器

【図１０】


23
I/O機器
24
エッジモジュール
3
コントローラ
S106
制御データ生成
S401
第2通し番号付与
S402
制御データ送信
第3時刻付与
S109
制御データ受信
S402
応答データ生成
S403
第2通し番号付与
第3時刻付与
S404
応答データ送信
S405
応答データ受信
第4時刻取得
応答データ処理
S406
異常検出?
Yes
S303
非常事態?
Yes

フロントページの続き

神奈川県川崎市幸区堀川町７２番地３４　東芝インフラシステムズ株式会社内

Ｆターム（参考）　5K048　BA23 EB02 EB10 EB11 FA08